

Опыт применения дефектоскопии резиновых конвейерных лент

В.П.Пьянников (Федеральная служба по технологическому надзору)
С.В.Хоменко, А.В.Жирнов, И.И.Шпаков (ООО “Интрон Плюс”)

Конвейерный транспорт широко применяется в горнодобывающей, цементной промышленности, а также в складском хозяйстве, морских и речных портах. На конвейерах применяются два типа лент: резиноканевые и резиновые. На конвейерах большой протяженности применяются, как правило, резиновые ленты. Прочность резиновой ленты (РЛ) определяется, в основном, прочностью металлосреды основы.

Дефекты в РЛ конвейеров возникают (если не было нарушений в процессе изготовления, монтажа и стыковки участков РЛ) лишь после эксплуатации РЛ в течение некоторого времени. Затем количество их возрастает в зависимости от разновидности конвейеров и области их применения, приемной способности и производительности конвейера, а также условий его эксплуатации.

Основными дефектами металлосреды основы РЛ, влияющими на прочность, являются:

- обрывы армирующих металлосред;
- вырывы металлосред;
- коррозионные поражения металлосред;
- разрушение стыкового соединения.

В большинстве случаев обрывы армирующих металлосред РЛ возникают из-за механических воздействий либо усталости металла тросов при циклическом растяжении. При обрыве металлосреды происходит увеличение зазора между его концами, что может привести к обрыву соседних металлосред. На прочность РЛ большое влияние оказывают также вырывы металлосред, которые образуются при уменьшении сцепления между резиной и металлосредами.

В процессе работы конвейера резиновый слой РЛ может разрушаться из-за циклических нагрузок и механических повреждений. Через эти повреждения влага проникает внутрь РЛ к металлосредам, происходит коррозионное поражение металлосред, что приводит к потере металлического сечения тросов и, как следствие, к потере их прочности.

Стыки РЛ разрушаются по ряду причин: нарушение технологии изготовления, разрушение металлосред из-за обрывов, коррозии или механических повреждений, из-за усталостного разрушения слоя резины между тросами. Изменение расстояния между концами металлосред на границах стыка либо в площади стыка (у многоступенчатых стыков) может привести к переходу резинового слоя в фазу пластической деформации и дальнейшего полного разрушения стыков РЛ.

Визуальный метод контроля позволяет определить состояние РЛ только относительно качественных критериев оценки. Количественные критерии оценки состояния РЛ возможны только при использовании инструментальных методов контроля с применением дефектоскопов.

К дефектоскопу РЛ предъявляются требования по регистрации обрывов и участков коррозии металлосред, потери металлического сечения (ПС) металлосред, а также обнаружению мест ремонта РЛ, неравномерности расположения металлосред по ширине РЛ и определению расположения металлосред в зоне стыка.

В 80-е годы прошлого века в ряде стран были созданы дефектоскопы для неразрушающего контроля металлосреды основы РЛ. Они основаны на методах регистрации магнитных полей рассеивания (Германия, фирма DMT [1]; СССР, прибор УКТЛ). Эти приборы в целом удовлетворительно решали задачу контроля металлосреды основы РЛ. Однако, они обладают известными недостатками: это устаревший способ регистрации информации и большая масса. Для преодоления этого недостатка немецкие специалисты пошли на уменьшение зоны контроля, измерительная (магнитная) головка их прибора охватывает только 340 мм по ширине РЛ. Поэтому при контроле ленты большей ширины приходится передвигать магнитную головку поперек ленты. Так, для контроля таким прибором РЛ шириной 1200 мм требуется полностью прокрутить ленту четыре раза, каждый раз перемещая измерительную головку. Советские специалисты пошли другим

путём: блок датчиков прибора УКТЛ (масса блока датчиков 40 кг) предназначался для мониторинга, т.е. устанавливался на конвейер стационарно, что устраняло проблему перемещения большой массы. В принципе, такая установка позволяла получать информацию о состоянии РТЛ, но устаревшая на сегодня схмотехническая база (возможен контроль РТЛ длиной только 64 м), несовершенная система представления информации и другие недостатки не позволяют использовать прибор.

ООО «ИНТРОН Плюс» с начала 90-х годов занималось разработкой и производством дефектоскопов стальных канатов. К началу XXI века был создан и применяется на многих предприятиях современный магнитный дефектоскоп ИНТРОС, который (будучи укомплектован соответствующими магнитными головками) позволял контролировать не только круглые стальные канаты различных типов, но и плоские стальные канаты, а также резинотросовые канаты шириной до 450 мм, применяющиеся на шахтных подъёмах в качестве уравнивающих. Сходство конструкции уравнивающих резинотросовых канатов и РТЛ, применяющихся на конвейерах, вызвало интерес специалистов, эксплуатирующих конвейеры, к дефектоскопу ИНТРОС.

В июне 2002 года дефектоскоп ИНТРОС, укомплектованный магнитной головкой МГ 450, предназначенной для контроля резинотросовых канатов, проходил лабораторные испытания в ВостНИИ и на шахтах объединений СевероКузбассуголь и ЮжКузбассуголь. В результате этих испытаний было установлено, что прибор в такой комплектации позволяет:

- надёжно обнаруживать один оборванный металлотрос;
- определять положение этого дефекта как по длине, так и по ширине РТЛ;
- оценивать количество оборванных металлотросов как в одном сечении, так и на участке РТЛ заданной длины;
- определять состояние металлотросов в зоне стыка.

Опыт применения этого прибора на шахтах «Сибирская» и «Абашевская» выявил, что:

- магнитная головка легко может быть установлена на контролируруемую ленту и снята с неё;
- результаты контроля представляются в форме, удобной для хранения и интерпретации;
- результаты контроля позволяют не только определять повреждения металлотросов РТЛ, в том числе в зоне стыка, но и оценить степень коррозии на разных участках РТЛ.

Как недостаток прибора специалистами ЮжКузбассугля отмечалась недостаточная ширина магнитной головки МГ450: 450 мм, что при ширине РТЛ 1200 мм недостаточно. Дальнейшее увеличение ширины МГ привело бы к увеличению массы до 70...100 кг, что исключало возможность создания переносного прибора на этой базе.

Проанализировав результаты этих испытаний, специалисты ООО «ИНТРОН Плюс» выдвинули идею создания измерительной головки (Сканера) с использованием вихретокового метода контроля.

Работы, проведённые в 2002-2003 годах на конвейерах Оленегорского ГОКа, Ковдорского ГОКа, Тулауголь, подтвердили возможность создания дефектоскопа, контролирующего РТЛ по всей ширине за один проход, при сохранении достаточно малой массы сканера (до 25 кг) и достаточно высоких возможностей по определению дефектов РТЛ.

Дефектоскоп ИНТРОКОН, разработанный на основе ИНТРОС, предназначен для контроля армирующих металлотросов РТЛ (шириной от 600 мм до 3000 мм), изготовлен в соответствии с ГОСТ 266975-87, «Контроль неразрушающий. Дефектоскопы магнитные и вихретоковые. Общие технические требования» и реализует вихретоковый вид неразрушающего контроля. Вихретоковый контроль основан на анализе взаимодействия внешнего электромагнитного поля с электромагнитным полем вихревых токов, наводимых в металлотросах РТЛ. В качестве источника электромагнитного поля в дефектоскопе ИНТРОКОН используются вихретоковые преобразователи (ВТП) с ферромагнитными сердечниками. Магнитное поле наведенных в металлотросах вихревых токов фиксируется измерительной системой ВТП, которое зависит от состояния металлотросовой основы РТЛ.

Успешно проведенные эксплуатационные испытания дефектоскопа на объектах Ковдорского ГОКа и шахты Распадская подтвердили, что дефектоскопия РТЛ позволяет:

- определить состояние армирующих металлотросов;
- принять решение о соответствии РТЛ конвейеров требованиям безопасной эксплуатации.

Характер распределения дефектов (особенно, обрывов металлотросов) по длине и ширине РТЛ оказывает существенное влияние на ее прочность и, следовательно, на несущую способность. Наиболее опасные дефекты РТЛ – локальные скопления обрывов металлотросов и коррозионные поражения металлотросов на краю РТЛ, вблизи границ и в площади стыков. Такие дефекты резко снижают несущую способность РТЛ.

Необходимо определять местонахождение и количество оборвавшихся металлотросов, очагов поражения металлотросов коррозией, расстояние между концами металлотросов на границах и в площади стыка. Имея эти данные можно прогнозировать последующее увеличение количества обрывов металлотросов РТЛ, расхождение концов металлотросов, предположительное время ремонта, либо замены дефектного участка РТЛ, либо замены и снятия всей РТЛ с эксплуатации, не доводя РТЛ до аварийного состояния. Для наблюдения динамики роста количества дефектов РТЛ важно соблюдать периодичность инструментального контроля.

Дефектоскоп ИНТРОКОН предназначен для обнаружения обрывов металлотросов, расхождения концов оборванных металлотросов, очагов коррозии. Функционально дефектоскоп состоит из Электронного блока (ЭБ) и Сканера, соединенных между собой кабелем (Рис.1). Сканер в зависимости от ширины РТЛ состоит из одного, двух или трех измерительных модулей, жестко соединенных между собой, съемного счетчика метража и системы подвески. В модулях установлены ВТП. Каждый ВТП контролирует полосу шириной 220мм поперек РТЛ.

Установка Сканера производится на линейном плоскопараллельном участке РТЛ конвейера (рекомендуется установка Сканера непосредственно над приводным, натяжным либо выносным барабаном). Контроль РТЛ производится бесконтактно с зазором 10-20 мм между Сканером и поверхностью РТЛ. Сканер крепится к стационарным конструкциям конвейера при помощи системы подвески дефектоскопа.

Дефектоскоп ИНТРОКОН разрешен к применению на опасных производственных объектах России, подконтрольных Федеральной службе по технологическому надзору согласно маркировке взрывозащиты, гл. 7.3.ПУЭ, ГОСТ Р 51330.13-99 (МЭК 60079-14-96) и другим нормативным документам, регламентирующим применение электрооборудования во взрывоопасных зонах.



Рис.1. Дефектоскоп ИНТРОКОН для контроля металлотросовой основы резинотросовых конвейерных лент

Результаты дефектоскопии получают как в процессе контроля РТЛ в виде текущей информации о дефектах металлотросовой основы РТЛ, представляемой на дисплее электронного блока, так и по окончании контроля в виде дефектограмм по каналам локальных дефектов (ЛД) и потери сечения (ПС) по металлу.

Информацию можно перенести из памяти дефектоскопа в любой IBM-совместимый компьютер. Для детального анализа информации используется программа WINCON, которая позволяет:

- ✓ собирать данные контроля в библиотеки дефектограмм;
- ✓ обрабатывать дефектограммы с целью их детального анализа;
- ✓ сравнивать дефектограммы, записанные в разное время (например, для наблюдения динамики износа РТЛ);
- ✓ документировать результаты контроля, выводя их на принтер в виде дефектограмм, статистических данных и отчета испытаний.

На Рис.2. представлен общий вид дефектограмм по каналам ПС1, ЛД1 всей длины РТЛ конвейера М1 ЦПТ скальной вскрыши, г. Ковдор. На дефектограммах отчетливо видны четыре стыка РТЛ на отметке: 170м, 350м, 530м и 710м. По каналу ЛД1 (в зоне сканирования ВТП1) обнаружены обрывы металлотросов на отметках: 365м и 380м.

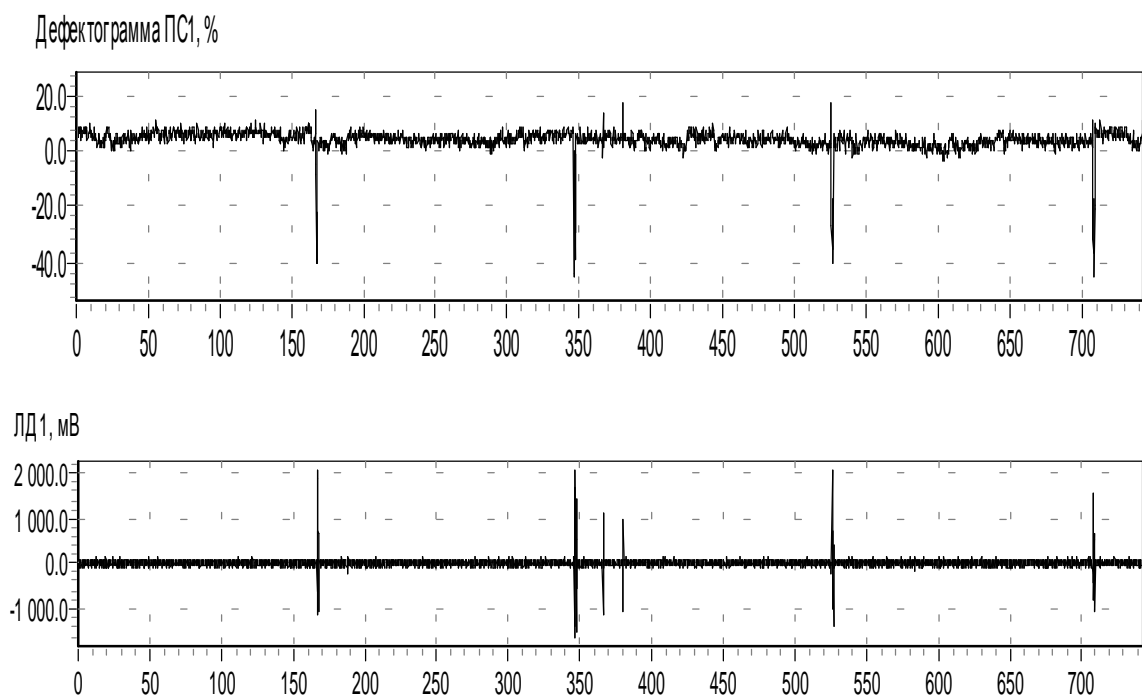


Рис.2. Дефектограммы металлотросовой основы РТЛ конвейера М1 ЦПТ скальной вскрыши, Ковдорский ГОК

На Рис.3. представлен участок дефектограммы по каналу ЛД2 РТЛ конвейера FSW-1400 Западного наклонного ствола, шахта Распадская, г.Междуреченск. Перед трехступенчатым стыком (отметка 2738,5-2741,3 м) видны сигналы от обрывов пяти металлотросов на участке РТЛ с координатами (2733–2736) м. Максимум сигнала от обрыва металлотроса составляет $\approx(100-150)$ мВ (в зависимости от конструкции РТЛ). Полученные сигналы от дефектов (обрывы, коррозия и т.д.) РТЛ на дефектограммах сравниваются с максимумом сигнала от обрыва одного металлотроса и, таким образом, определяются количественные параметры дефектов.

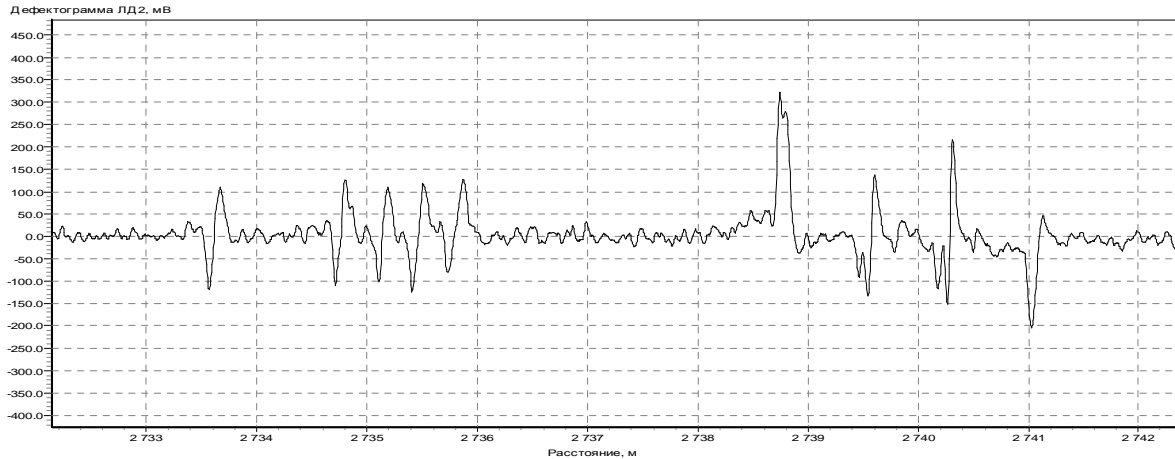


Рис.3 Дефектограмма по каналу ЛД РТЛ FSW-1400 Западного наклонного ствола, шахта Распадская

На Рис.4. представлены дефектограммы по каналу ЛД РТЛ магистрального конвейера, полученные с интервалом в шесть месяцев. Отчетливо видно увеличение сигнала от коррозии около трехступенчатого стыка (155-159)м на отрезке РТЛ с координатами (153-155) м.

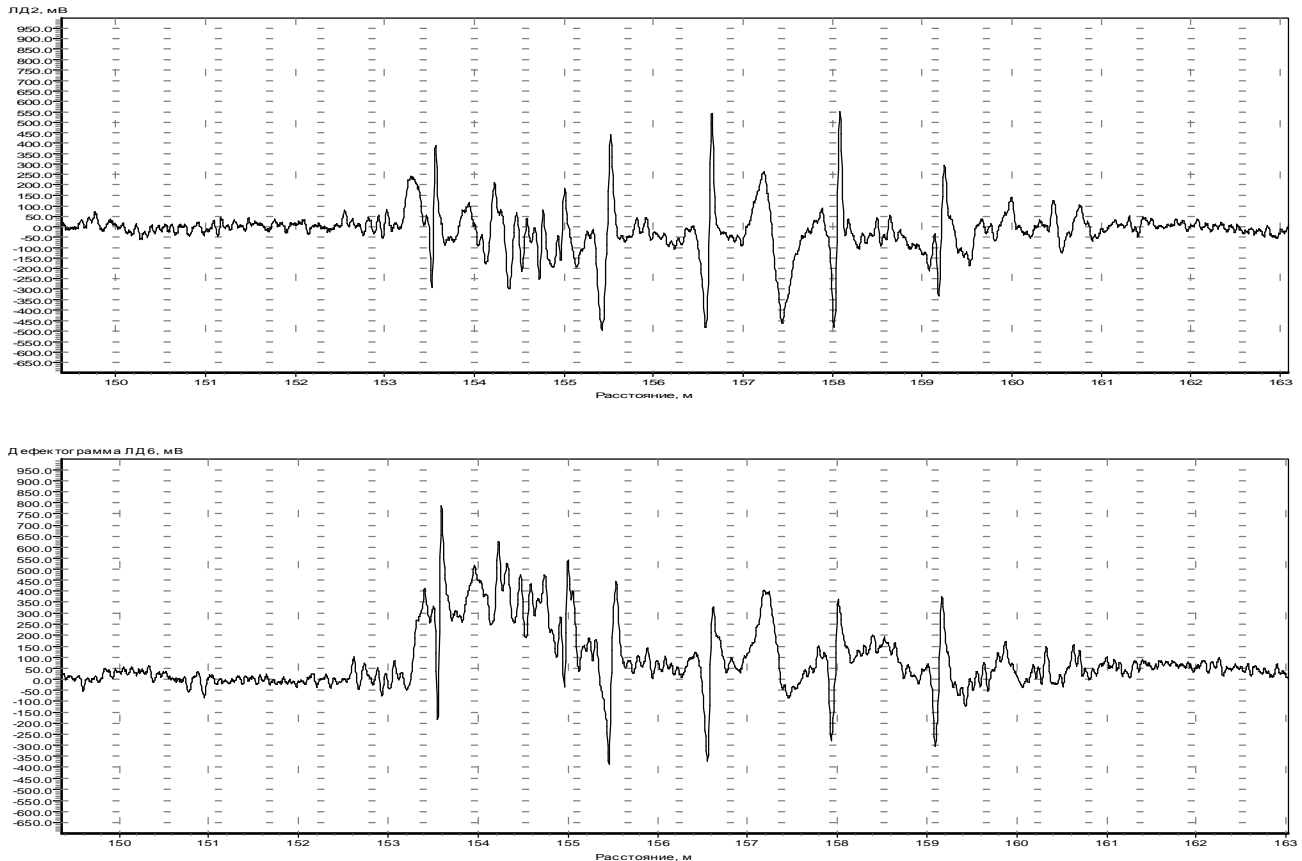


Рис.4. Дефектограммы по каналу ЛД РТЛ магистрального конвейера, Ковдорский ГОК (верхняя – сентябрь 2003г., нижняя – март 2004г.)

На Рис.5 представлены дефектограммы по каналам ПС и ЛД обследования РТЛ S-образного вертикального конвейера Pocketlift фирмы Svedala Flexowell Fordersysteme (Германия), ОАО “ТиПор”, с. Порецкое, Чувашская республика. На дефектограмме по каналу ПС периодические сигналы отображают влияние ферромагнитных креплений карманов конвейера (навеска карманов производится через 500мм). На дефектограммах по каналам ПС и ЛД обнаружен обрыв армирующего троса диаметром 9,6мм (108,9м) в месте крепления кармана к РТЛ.

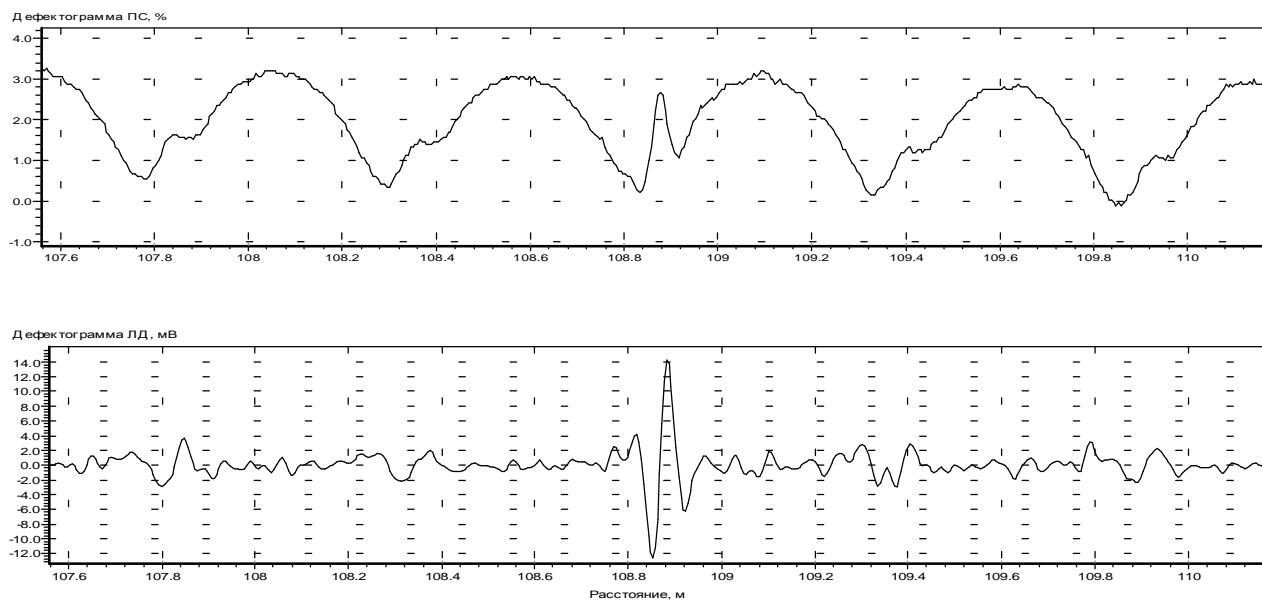


Рис. 5. Дефектограммы РТЛ S- образного вертикального конвейера Pocketlift.

На Рис. 6 представлены результаты проведения дефектоскопии РТЛ конвейера ЗЛУ-100У, ОАО “Туковуголь”, полученные при обследовании РТЛ специалистами лаборатории неразрушающего контроля ООО “Интрон Плюс”. Для удобства поиска участков РТЛ с обнаруженными при контроле дефектами (обрывы и коррозия тросов) в Заключении о состоянии РТЛ указываются координаты стыков и дефектов как по длине, так и по ширине РТЛ.

На Рис.6 представлены обнаруженные дефекты участка РТЛ шириной 1,0м.

Символ “●” обозначает оборванный армирующий трос, “W” - скопление недопустимых обрывов армирующих тросов, стык обозначается вертикальной линией по всей ширине РТЛ, участок коррозии – заштрихованный прямоугольник. Такое представление и расшифровка обнаруженных дефектов позволяет быстро и правильно находить дефектные места РТЛ, их маркировать для дальнейшего визуального наблюдения за ними, а также своевременно ремонтировать дефектные участки РТЛ. На представленном участке РТЛ (740м) обнаружено недопустимое скопление обрывов армирующих тросов, из-за чего возможен обрыв РТЛ.

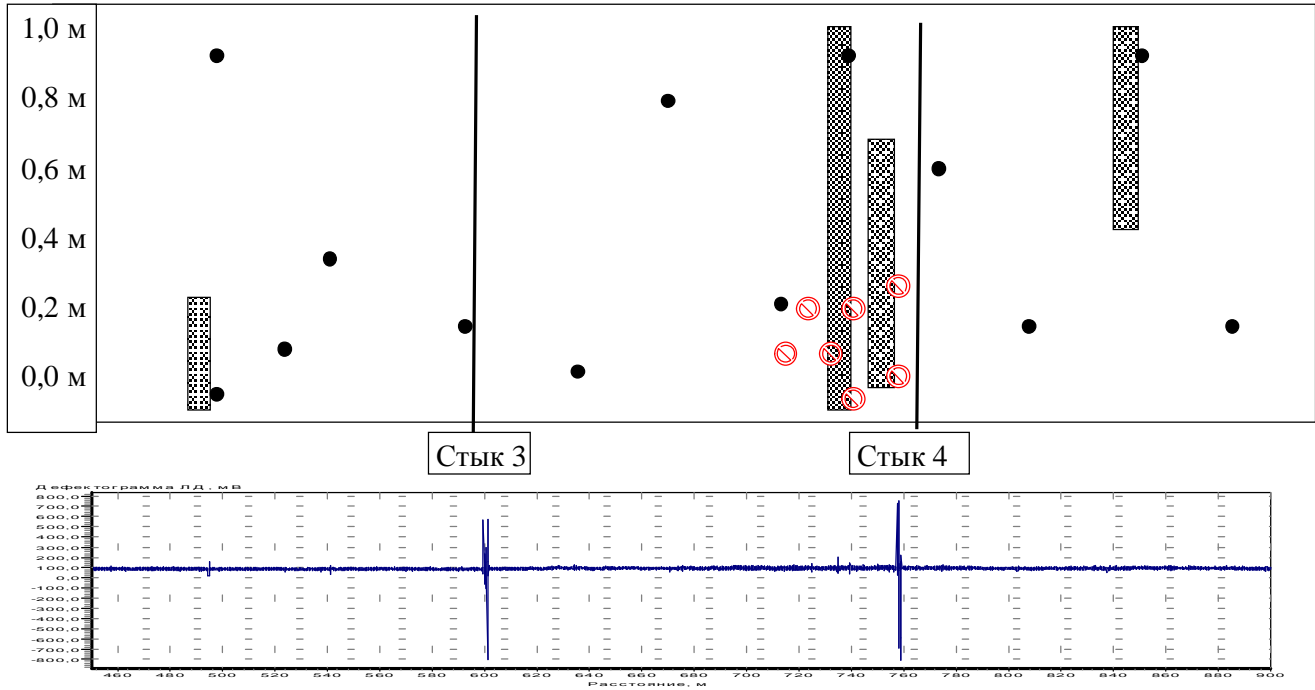


Рис. 6. Представление результатов контроля РТЛ.

Критерии предельного состояния РТЛ были разработаны специалистами ФГУП ННЦ ГГ-ИГД им. Скопинского, ВостНИИ, ООО “Интрон Плюс” на основе опыта эксплуатации шахтных резино-тросовых конвейерных лент, применения технических средств дефектоскопии, испытаний на разрыв образцов РТЛ, а также результатов исследований МакНИИ и ДонУГИ и представлены в Инструкции по контролю технического состояния резино-тросовых лент, применяемых на опасных производственных объектах.

После согласования с органами Ростехнадзора РФ Инструкция будет рекомендована для предприятий, на которых применяются РТЛ. Инструкция создана в соответствии с вступающим в силу в 2005г. Российским Федеральным законом (Техническим регламентом) “О безопасности подъемно-транспортного оборудования и процессов его эксплуатации”.

На основании полученных дефектоскопами Интрокон результатов инструментального контроля состояния армирующих тросов РТЛ проводится расчет несущей способности (остаточной разрывной прочности) РТЛ. Расчет проводится на основе анализа влияния обрывов армирующих тросов, их количества и расположения как по длине, так и по ширине РТЛ, значений потери сечения тросов (в основном, из-за коррозии), неравномерности распределения нагрузки на армирующие тросы и представляется в виде численных значений остаточной несущей способности по всей длине РТЛ.

Решение о дальнейшей эксплуатации РТЛ и сроках ее дальнейшей безопасной работы принимается на основе Заключения специалистов-экспертов в зависимости от критериев предельного состояния РТЛ. На основании Заключения о состоянии РТЛ работники предприятий, ответственные за безопасную эксплуатацию конвейеров, планируют профилактические мероприятия по предупреждению аварий, происходящих из-за обрыва РТЛ.

Таким образом, дефектоскопия РТЛ позволяет повышать безопасность эксплуатации конвейеров. На основе количественных результатов контроля можно сделать квалифицированное заключение о состоянии РТЛ и необходимых мероприятиях для продления ее ресурса и обеспечения надежной работы.

1. F.Langebrake, J.Klein and O.Gronau Non-destructive testing of steel-cord conveyor belts // Bulk solids handling. – 1998. – volume 18 – number 4 – p.565-569.